

Einrichtung zur Neutronendosimetrie

Publication number: CH508887

Publication date: 1971-06-15

Inventor: SERGE PRETRE (CH); KURT HEUSI (CH)

Applicant: FOERDERUNG FORSCHUNG GMBH (CH)

Classification:

- international: **G01T1/02; G01T5/10; G01T1/02; G01T5/00; (IPC1-7):**
G01T3/00

- European: G01T1/02; G01T5/10

Application number: CH19700006629 19700504

Priority number(s): CH19700006629 19700504

Report a data error here

Abstract not available for CH508887

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT

EIDGENÖSSISCHES AMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Internationale Klassifikation: G 01 t 3/00

//

G 01 t 5/10

Gesuchsnummer: 6629/70

Anmeldungsdatum: 4. Mai 1970, 18 Uhr

Patent erteilt: 15. Juni 1971

Patentschrift veröffentlicht: 30. Juli 1971

M

HAUPTPATENT

Gesellschaft zur Förderung der Forschung an der Eidgenössischen Technischen Hochschule, Zürich

Einrichtung zur Neutronendosimetrie

Serge Prêtre, Geroldswil, und Kurt Heusi, Turgi, sind als Erfinder genannt worden

1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Neutronendosimetrie.

Im Jahre 1962 öffnete sich ein neuer Weg in der Neutronendosimetrie: die Spaltspurentechnik. Wird eine Folie aus geeignetem Kunststoff, vorzugsweise einem Polycarbonat, wie z. B. «Lexan» (Schutzmarke von General Electric Company, USA) oder «Makrofol» (Schutzmarke von Bayer AG, Deutschland), in Kontakt mit einer Spaltmetallplatte gebracht, z. B. aus Uran oder Thorium, dann bilden sie zusammen einen Neutronendetektor. Die Neutronen erzeugen Spaltungen in der Metallplatte. Wenn eine solche Spaltung nahe bei der Trennfläche zwischen der Metallplatte und der Folie auftritt, dann werden Spaltprodukte bis zu einer Tiefe von etwa 15 Mikron in die Folie eindringen. Für atomare Dimensionen sind Spaltprodukte «Riesengeschosse», die auf ihren Bahnen die Molekülketten der Folie zerstören. Diese Materialschäden sind permanent, solange die Temperatur in einem üblichen Bereich bleibt (durch Erhitzen der Kunststoff-Folie bis nahe an den Schmelzpunkt kann dieser Effekt rückgängig gemacht werden, da sich die ursprünglichen Molekülketten wieder bilden). Auf der Bahn des Spaltproduktes bilden die beschädigten Molekülketten der Folie eine dünne Spur von ca. 100 Å (= $\frac{1}{100}$ Mikron) Durchmesser. In einer geeigneten Lösung, wie NaOH, KOH oder HF, sind die Moleküle der beschädigten Molekülketten viel schneller löslich als die der unbeschädigten. Durch Ätzung der Folie lässt sich daher die erwähnte Spur in einen leeren Kanal umwandeln, der in einem gewöhnlichen Mikroskop sichtbar gemacht werden kann. Die Auswertung für die Neutronendosimetrie besteht dann darin, die Anzahl Spuren pro Flächeneinheit auszuwählen. Diese Spurendichte ist der Neutronendosis direkt proportional.

Es sind verhältnismässig kleine, tragbare Neutronendosimeter bekannt, die von der geschilderten Technik

2

Gebrauch machen und in einem flachen Aluminiumgehäuse zwei Neutronendetektoren enthalten, von denen jeder aus einer Spaltmetallplatte und einer an dieser anliegenden, auswechselbaren Kunststoff-Folie besteht. Damit einer dieser Detektoren auf schnelle Neutronen anspricht, besteht seine Spaltmetallplatte aus Thorium 232. Damit der andere Detektor auf thermische, d. h. langsame Neutronen reagiert, besteht seine Spaltmetallplatte aus einer Legierung von etwa 99 Gew.-% Aluminium und 1 Gew.-% Uran 235. Solche Neutronendosimeter, die bequem in einer Kleidungs tasche mitgetragen oder am Labormantel sichtbar angeheftet werden können, sind zum Beispiel in den folgenden Literaturstellen beschrieben:

«A Standardized Methode for Making Neutron Fluence Measurements by Fission Fragment Tracks in Plastics. A suggestion for an Emergency, Neutron Dosimeter with Rad-Response» von S. Prêtre, E. Tochilin und N. Goldstein, U. S. Naval Radiological Defense Laboratory, San Francisco, in Proceedings of the First International Congress of Radiation Protection — ss. 941 bis 505 — Pergamon Press 1968.

«Strahlenschutz-Merkblatt Nr. 4; Neutronendosimetrie nach dem Verfahren der geätzten Spaltspuren in Plastikfolien. Routine-Einsatz für Personendosimetrie im EIR» von S. Prêtre in Technische Mitteilung EIR-TM-SU-101 des Eidg. Institutes für Reaktorforschung, Würenlingen, 8.8.1968.

«Contrôle des doses neutroniques du personnel par le comptage des traces de fragments de fission dans certains plastiques» von S. Prêtre in EIR-Bericht Nr. 152 des Eidgenössischen Institutes für Reaktorforschung, Würenlingen, April 1969 (Journées internationales d'étude de l'enregistrement des traces de particules chargées dans les solides isolants, et leurs applications — Clermont-Ferrand, Mai 1969).

Ein Neutronendosimeter der beschriebenen Art braucht im Normalfall nur in grossen Zeitabständen, z. B. einmal pro Jahr, ausgewertet zu werden. Nach einem speziellen Ereignis oder gar einem Unfall ist hingegen eine sofortige Auswertung angezeigt. Wie erwähnt, besteht die Auswertung darin, dass man die Folien ätzt und nachher die darin enthaltenen Spuren pro Flächeneinheit zählt. Das Zählen der Spuren am Mikroskop ist aber sehr langwierig und mühsam. Eine Person kann höchstens 2 bis 4 Dosimeter pro Tag auswerten, was eindeutig ein zu grosser Zeitaufwand ist. Es wurden deshalb schon zahlreiche Verfahren entwickelt und ausprobiert, um diese Auswertung zu automatisieren. Im folgenden wird das von CROSS (Canada) vorgeschlagene Verfahren erläutert:

Eine dünne Kunststoff-Folie von z. B. 0,01 mm Stärke wird, nachdem sie von den energiereichsten Spaltprodukten durchbohrt und anschliessend geätzt worden ist, zwischen zwei flachen Elektroden gepresst. An die Elektroden wird eine Potentialdifferenz von ca. 550 Volt angelegt. In den leeren Kanälen, die in der Folie durch das Eindringen der Spaltprodukte und die nachfolgende Ätzung entstanden sind, finden elektrische Funkenentladungen statt, welche elektronisch gezählt werden. Damit jeweils auf einen leeren Kanal nur eine einzige Funkenentladung entfällt, wird folgender Trick angewandt: eine der Elektroden besteht aus einer dünnen Metallschicht auf einer Isolierstoff-Folie (z. B. Aluminium auf Polyester aufgedampft). Dort wo ein Funke auf die Aluminium-Schicht auftrifft, wird diese örtlich verdampft. Folglich wird an dieser Stelle die betreffende Elektrode nicht-leitend, so dass sich durch den zugehörigen Kanal kein zweiter Funke entladen kann.

Dieses Verfahren erlaubt es tatsächlich, die Spuren in der Kunststoff-Folie automatisch, rasch und objektiv zu zählen. Die mittlere Auswertezeit pro Dosimeter reduziert sich auf ca. 5 Minuten. Das Verfahren erreicht seine Grenze bei rund 1000 Funken/cm², weil dann von der durch die Aluminium-Schicht gebildeten Elektrode soviel Aluminium verdampft ist, dass sie praktisch nicht mehr leitet. Die Neutronendosis, die üblicherweise in der Routine-Dosimetrie auftritt, ist nur sehr selten so hoch, weshalb die erwähnte Grenze kaum je überschritten wird. Die bei einem Unfall auftretende Neutronendosis kann jedoch nach dem CROSS'schen Verfahren nicht mehr ausgewertet werden.

Die vorliegende Erfindung hat die Aufgabe, eine Einrichtung zur Neutronendosimetrie zu schaffen, die für die Durchführung des CROSS'schen Verfahrens besonders geeignet ist und auch abnormal hohe Neutronendosen zu erfassen vermag, für den Fall, dass einmal ein besonderes Ereignis eintritt oder ein Unfall passiert.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird von einer bekannten Einrichtung ausgegangen, bestehend aus mindestens einem tragbaren Neutronendosimeter mit zwei nebeneinander angeordneten Neutronendetektoren, die Spaltmetallplatten unterschiedlicher Zusammensetzung und an diesen anliegende, auswechselbare Kunststoff-Folien aufweisen, sowie aus einer Auswerteapparatur zum automatischen Zählen der von Spaltprodukten verursachten Spuren in der Kunststoff-Folien mittels elektrischer Funkenentladungen, welche Auswerteapparatur Elektroden zum Dazwischenlegen der Kunststoff-Folie, einen an die Elektroden angeschlossenen Kondensator, Mittel zum Aufladen des Kondensators und einen an den Kondensator angeschlossenen Impulszähler aufweist. Die Erfindung liegt nun darin, dass die Detektoren des

Neutronendosimeters auf beiden Seiten der Spaltmetallplatten je eine Kunststoff-Folie aufweisen, von denen eine dünn genug ist, um von den Spaltprodukten die Spaltmetallplatte vollständig durchbohrt zu werden, gegen die andere Kunststoff-Folie mehrfach dicker, dass die dünneren Folien der beiden Detektoren zu ein gemeinsames Folienstück gebildet sind, welches über die Spaltmetallplatten beider Detektoren hinaus streckt, dass die Auswerteapparatur voneinander elektrisch getrennte Elektroden mit zwei in einer gemeinsamen Ebene nebeneinander liegenden Elektroden aufweist, denen je eine von zwei ebenfalls in einer gemeinsamen Ebene liegenden Fläche von Gegenelektroden gegenübersteht, dass die Elektrodenflächen bezug aufeinander die gleiche geometrische Anordnung wie die Spaltmetallplatten haben, dass das gemeinsame Folienstück des Neutronendosimeters zwischen die Elektrodenflächen einerseits und die Gegenelektrodenflächen andererseits einlegbar ist, und dass elektrische Schalter vorhanden sind, die erlauben, jede der Elektroden einzeln an den Kondensator anzuschliessen, um getrennte Auswertungen der beiden Detektoren des Neutronendosimeters zu ermöglichen.

Zweckmässig können die Schalter in der Auswerteapparatur Umschalter sein, von denen jeder, je nach seiner Schaltstellung, die zugeordnete Elektrode entweder mit dem Kondensator oder mit der zugeordneten Gegenelektrode verbindet. In weiterer Ausgestaltung können die Mittel zum Aufladen des Kondensators neben zusätzlichen elektrischen Umschaltern aufweisen, die je nach seiner Schaltstellung, einen Anschluss des Kondensators entweder mit einer elektrischen Spannungsquelle oder mit dem andern Anschluss des Kondensators verbindet. Dabei können vorteilhaft alle erwähnten Umschalter miteinander mechanisch derart gekoppelt sein, dass jeweils nur eine der Elektroden an den Kondensator anschliessbar ist, während die andere Elektrode der zugeordneten Gegenelektrodenpartie in Verbindung bleibt, und dass die elektrische Spannungsquelle jeweils zusammen mit der einen oder andern der Elektroden den Kondensator anschliessbar ist.

Weitere Einzelheiten und Vorteile spezieller Ausführungsarten der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels und aus den zugehörigen Zeichnungen.

Fig. 1 stellt ein tragbares Neutronendosimeter in perspektivischer Ansicht und in zerlegtem Zustand dar.

Fig. 2 ist eine perspektivische Darstellung eines Teiles einer Auswerteapparatur;

Fig. 3 zeigt das elektrische Schaltschema der gesamten Auswerteapparatur;

Fig. 4 veranschaulicht ein Diagramm mit einer Eichkurve für die Auswerteapparatur.

Das in Fig. 1 gezeigte Neutronendosimeter 10 weist ein flaches Gehäuse mit einem Gehäuseunterteil 11 und einem Deckel 12 auf, der mittels Schrauben 13 am Gehäuseunterteil 11 befestigbar ist. Sowohl der Gehäuseunterteil 11 als auch der Deckel 12 bestehen aus Aluminium, das für Neutronenstrahlung weitgehend durchlässig ist. Die äusseren Abmessungen des Gehäuses 12 betragen beispielsweise etwa 50×30×7 mm, so dass das Dosimeter am Labormantel angeheftet oder in eine Kleidungs tasche bequem tragbar ist. Im Innern des Gehäuseunterteiles 11 befinden sich zwei schalenartig vertiefte Vertiefungen 14 und 15, die je zur Aufnahme von zwei unmittelbar übereinanderliegenden, kreisförmigen Schichten 16 und 17 bzw. 18 und 19 vorgesehen sind.]

zwei unteren Scheiben 16 und 18 haben identische Ausbildung und bestehen beide aus einem Polycarbonat-Folienmaterial von 0,4 bis 0,5 mm Dicke. Die unter den Warenzeichen «Lexan» und «Makrofol» im Handel erhältlichen Folien haben sich als Material für die Scheiben 16 und 18 besonders geeignet erwiesen. Die zwei oberen Scheiben 17 und 19 enthalten verschiedene Spaltmetalle. So besteht die eine Spaltmetallscheibe 17 aus Thorium natürlicher Isotopenzusammensetzung, (Th 232), wogegen die andere Spaltmetallscheibe 19 aus einer Legierung von etwa 99,9 Gew.-% Aluminium und etwa 0,1 Gew.-% Uran besteht, das zu etwa 90 % mit U 235 angereichert ist. Ein dünnes, rechteckiges Folienstück 20, das aus dem gleichen Kunststoff wie die Scheiben 16 und 18 besteht, aber nur etwa 0,01 mm dick ist, wird unmittelbar auf die obere Seite der Spaltmetallscheiben 17 und 19 gelegt. Das erwähnte Folienstück 20 erstreckt sich ein wenig über die beiden Spaltmetallscheiben hinaus. Ein zusätzliches Folienstück 21, das gleich gross, aber mehrfach dicker ist als das Folienstück 20, wird zwischen letzteres und den Deckel 12 eingelegt. Dieses zusätzliche Folienstück 21 hat z. B. eine Stärke von 0,4 bis 0,5 mm und besteht vorzugsweise aus dem gleichen Material wie die Scheiben 16 und 18 sowie das dünne Folienstück 20. Wenn der Deckel 12 mittels der Schrauben 13 am Gehäuseunterteil 11 befestigt wird, werden die übereinanderliegenden Teile 16 bis 21 aneinandergepresst, wobei das verhältnismässig dicke zusätzliche Folienstück 21 wegen seiner elastischen Deformierbarkeit eine gewisse Pufferwirkung ausübt. Die aus Kunststoff bestehenden Scheiben 16, 18 und die Folienstücke 20, 21 lassen Neutronen praktisch ungehindert durchtreten.

Die übereinanderliegenden Scheiben 16 und 17 bilden zusammen in bekannter Weise einen Detektor, der auf schnelle Neutronen mit einer Energie zwischen 1,3 und 6 MeV anspricht, indem solche schnelle Neutronen im Thorium der Scheibe 17 Spaltungen hervorrufen, wobei die entstehenden Spaltprodukte zum Teil in die angrenzende Scheibe 16 aus Kunststoff eindringen und in dieser Spuren hinterlassen. In analoger Weise bilden die übereinanderliegenden Scheiben 18 und 19 zusammen einen zweiten Detektor, der auf thermische Neutronen mit einer Energie von weniger als 0,5 eV anspricht, indem solche thermische Neutronen im Uran 235 der Scheibe 19 Spaltungen hervorrufen, wobei die entstehenden Spaltprodukte zum Teil in die angrenzende Scheibe 18 aus Kunststoff eindringen und in dieser ebenfalls Spuren hinterlassen. Die so entstehenden Spuren in den Kunststoff-Scheiben 16 und 18 gehen wegen der Dicke dieser Scheiben nicht vollständig durch sie hindurch, da die Eindringtiefe der Spaltprodukte weniger als 0,1 mm beträgt.

Nun bilden aber die Spaltmetallscheiben 17 und 19 auch je zusammen mit einem Teil des dünnen Kunststoff-Folienstückes 20 einen Detektor für schnelle bzw. thermische Neutronen. Da das Folienstück 20 nur 0,01 mm dick ist, wird es von den energiereichsten Spaltprodukten aus den Spaltmetallscheiben 17 und 19 vollständig durchbohrt, wobei diese Spaltprodukte anschliessend noch eine Strecke weit in das zusätzliche Folienstück 21 einzudringen vermögen und in diesem ebenfalls Spuren hervorrufen.

In bekannter Weise lassen sich die Spuren in den Kunststoff-Scheiben 16, 18 und in den Folienstücken 20, 21 fixieren und sichtbar machen, indem man diese Teile aus dem Gehäuse 11, 12 herausnimmt und einer

Ätzung unterwirft. Die Ätzung kann beispielsweise mit 28-prozentiger Kalilauge (KOH) bei einer Temperatur von 60° C durchgeführt werden, wobei in den meisten Fällen eine Behandlungsdauer von etwa 30 Minuten günstige Resultate liefert. Nach dem Ätzen liegen die Spuren in Form von leeren Kanälen vor, die mit Hilfe eines Mikroskopes bei etwa 300- bis 500-facher Vergrösserung gut sichtbar sind und zur Ermittlung der Spurendichte (Anzahl der Spuren pro Flächeneinheit) gezählt werden können. In dem dünnen Folienstück 20 sind die meisten der herausgeätzten Kanäle durchgehend, was eine automatische Zählung der Spurendichte nach dem CROSS'schen Verfahren mittels Funkenentladungen ermöglicht, wie weiter unten erläutert ist. Für die Routine-Dosimetrie wird in der Regel nur das dünne Folienstück 20 ausgewertet. Wenn jedoch die Neutronendosis abnormal hoch war und demzufolge die Spurendichte im Folienstück 20 mehr als 100 Spuren/cm² beträgt, erzielt man genauere Ergebnisse durch die herkömmliche optische Auswertung der Kunststoff-Scheiben 16 und 18 im Mikroskop. Das ist jedoch nur nach dem Auftreten besonderer Ereignisse oder eines Unfalles erforderlich. Bei Unfällen kann auch das zusätzliche dicke Folienstück 21 zur Bestimmung der Neutronendosis herangezogen werden, wobei aus der Anzahl Spuren von Rückstosskohlenstoffkernen auf die schnelle Neutronendosis geschlossen wird.

Zur automatischen Auswertung des dünnen Kunststoff-Folienstückes 20 mittels Funkenentladungen ist eine Auswerteapparatur erforderlich. Eine besonders zweckdienliche Ausführungsform dieser Auswerteapparatur ist nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 2 und 3 beschrieben.

Ein wichtiger Bestandteil der Auswerteapparatur ist das in Fig. 2 dargestellte pressenartige Gerät 30. Dieses weist einen stationären Unterteil 31 und einen schwenkbaren Oberteil 32 auf, der mittels einer Achse 33 am Unterteil 31 aufklappbar gelagert ist. In hinuntergeklapptem Zustand findet der Oberteil 32 einen Anschlag auf einer Leiste 34, die sich an der von der Achse 33 abgewandten Endkante des Unterteiles 31 erhebt. In der Mitte der Leiste 34 befindet sich ein Einschnitt 35, in welchem das eine Ende eines Gewindebolzens 36 mit Hilfe einer Achse 37 schwenkbar gehalten ist. Der Oberteil 32 ist mit einem Schlitz 38 versehen, mit welchem der Gewindebolzen 36 bei hinuntergeklapptem Oberteil 32 in Eingriff bringbar ist. Auf die freie Endpartie des Gewindebolzens 36 ist eine Gewindehülse 39 aufgeschraubt, die oben einen als Griff ausgebildeten Kopf 40 aufweist. Durch Hinunterschrauben der Gewindehülse 39 auf den Oberteil 32 lässt sich dieser in seiner hinuntergeklappten Stellung verriegeln.

Die Oberseite des Unterteiles 31 ist mit einer Polsterauflage 41, z. B. aus Gummi, versehen. Auf diese ist lose und auswechselbar eine Isolierstoff-Folie 42 aufgelegt, die an ihrer nach oben gekehrten Seite eine dünne Metallschicht 43, z. B. aus aufgedampftem Aluminium, trägt. Auf die Metallschicht 43 der Isolierstoff-Folie 42 wird das auszuwertende Kunststoff-Folienstück 20 aus dem Neutronendosimeter 10 lose aufgelegt. Die metallisierte Folie 42 erstreckt sich über die beiden Längskanten des Folienstückes 20 hinaus, so dass zwei Randstreifen der Metallschicht 43 von oben her frei zugänglich bleiben.

Der schwenkbare Oberteil 32 des Gerätes 30 besteht aus Isoliermaterial. An der dem Unterteil 31 zugewendbaren Seite des Oberteiles 32 sind zwei leisten-

förmige metallische Anschlusskontaktkörper 44 und zwei scheibenförmige metallische Elektrodenkörper 45 und 46 befestigt. Die genannten Körper 44 bis 46 weisen in einer gemeinsamen Ebene liegende Aussenflächen 47, 48 bzw. 49 auf und sind derart angeordnet, dass bei hinuntergeklapptem Oberteil 32 die Flächen 47 der Anschlusskontaktkörper 44 je auf einem freien Randstreifen der Metallschicht 43 und die Flächen 48 und 49 der Elektrodenkörper 45, 46 auf dem Kunststoff-Folienstück 20 aufliegen. Die Elektrodenflächen 48 und 49 sind in ihrem Durchmesser je etwas kleiner als der Durchmesser der Spaltmetallscheiben 17 und 19 im Neutronendosimeter 10, aber die gegenseitige geometrische Anordnung der Elektrodenflächen 48, 49 stimmt mit jener der Spaltmetallscheiben 17, 19 im Dosimeter 10 überein, d. h. die Mittelpunkte der Elektrodenflächen 48, 49 haben voneinander den gleichen Abstand wie die Mittelpunkte der Vertiefungen 14 und 15 im Gehäuseunterteil 11 des Dosimeters 10. Unter einer abnehmbaren Abdeckhaube 50 an der Oberseite des schwenkbaren Oberteiles 32 befinden sich elektrische Anschlussklemmen (nicht gezeichnet), die je mit einem der metallischen Körper 44, 45 bzw. 46 in Verbindung stehen. An die erwähnten Anschlussklemmen sind isolierte elektrische Leiter angeschlossen, die Bestandteil eines Kabels 51 sind. Die beiden Anschlusskontaktkörper 44 sind miteinander elektrisch leitend verbunden.

Die weiteren Teile der Auswerteapparatur und deren Verbindungen mit dem beschriebenen Gerät 30 sind im Schaltschema der Fig. 3 ersichtlich, wo die Metallschicht der metallisierten Folie 42 und die beiden Elektrodenkörper 45 und 46 schematisch angedeutet sind. Gemäss Fig. 3 weist die Auswerteapparatur ausser dem Gerät 30 einen Kondensator 55, eine elektrische Spannungsquelle 56 zum Aufladen des Kondensators 55, einen Ladewiderstand 57, einen diesem zugeordneten Umschalter 58, zwei den Elektrodenkörpern 45, 46 zugeordnete Umschalter 59 und 60, eine aus einem Kopplungskondensator 61 und zwei Widerständen 62 und 63 gebildete Schaltanordnung sowie einen elektronischen Impulszähler 64 auf. Der Kondensator 55, die Spannungsquelle 56, die Schaltanordnung 61 bis 63 und der Impulszähler 64 sind je einseitig an Masse angelegt. Bei hinuntergeklapptem Oberteil 32 des Gerätes 30 nach Fig. 2 liegt auch die Metallschicht 43 über die Anschlusskontaktkörper 44 an der Masse 65. Die Umschalter 58, 59 und 60 sind je in drei Schaltstellungen bringbar, nämlich eine mittlere Ruhestellung und zwei Arbeitsstellungen L und R. Der Umschalter 58 verbindet in jeder der Arbeitsstellungen den nicht an Masse liegenden Anschluss des Kondensators 55 über den Ladewiderstand 57 mit der Spannungsquelle 56, wogegen in der Ruhestellung des Umschalters 58 die beiden Anschlüsse des Kondensators 55 über den Widerstand 57 und die Masse 65 miteinander verbunden sind. Der Umschalter 59 verbindet in seiner Arbeitsstellung L den Elektrodenkörper 45 mit dem nicht an Masse liegenden Anschluss des Kondensators 55, wogegen in der anderen Arbeitsstellung R und in der Ruhestellung des Umschalters 59 der Elektrodenkörper 45 über die Masse 65 mit der Metallschicht 43 in Verbindung steht. Bei dem Umschalter 60 ist es umgekehrt. Dieser Umschalter verbindet in seiner Arbeitsstellung R den Elektrodenkörper 46 mit dem nicht an Masse liegenden Anschluss des Kondensators 55, wogegen in der anderen Arbeitsstellung L und in der Ruhestellung des Umschalters

60 der Elektrodenkörper 46 über die Masse mit Metallschicht 43 verbunden ist. Die drei Umschalter 59 und 60 sind miteinander mechanisch derart gepelt, dass sie zwangsläufig jeweils miteinander gleichsinnig betätigt werden. Dabei ergibt sich, dass der einen Arbeitsstellung L nur der eine Elektrodenkörper 45 und bei der anderen Arbeitsstellung R nur andere Elektrodenkörper 46 mit dem nicht an Masse liegenden Anschluss des Kondensators 55 verbunden wird, und dass letzterer bei jeder der Arbeitsstellungen L und R über den Ladewiderstand 57 an die Spannungsquelle 56 angelegt wird. Bei der praktischen Führung der Auswerteapparatur ist es möglich und gegebenenfalls vorteilhaft, die drei Umschalter 58 bis 60 miteinander zu einer baulichen Einheit zu vereinigen. Der Impulszähler 64 ist über die Schaltanordnung 62, 63 und die Masse 65 dauernd mit beiden Anschlüssen des Kondensators 55 verbunden.

Die Gebrauchs- und Wirkungsweise der mit B auf die Fig. 2 und 3 beschriebenen Auswerteapparatur ist kurz wie folgt:

Das dem Neutronendosimeter 10 (Fig. 1) entnommene und anschliessend geätzte Kunststoff-Folienstück 20 wird zur automatischen Auswertung in das pressenartige Gerät 30 eingelegt, wie Fig. 2 veranschaulicht. Dabei hat man darauf zu achten, dass die Metallschicht 43 der Isolierstoff-Folie 42 durchgehend unversehrt und die Umschalter 58 bis 60 (Fig. 3) sich in ihrer mittleren Ruhestellung befinden. Nachher wird der Oberteil 32 auf die Anschlagleiste 34 hinuntergeklappt und dieser Stellung mittels des Gewindebolzens 36 und der Gewindehülse 39 verriegelt. Die Elektrodenkörper 45 und 46 sind nun lediglich durch das nur etwa 1 mm dicke Folienstück 20 von der Metallschicht 43 getrennt, wobei die Elektrodenflächen 48 und 49 je eine als Gegenelektrode wirkende Partie der Metallschicht 43 gegenüberstehen. Die Metallschicht 43 ist über die Flächen 47 der Anschlusskontaktkörper 44 mit der Masse 65 (Fig. 3) verbunden. Zwischen den Elektrodenkörpern 45, 46 einerseits und der Metallschicht 43 andererseits besteht keine Potentialdifferenz, und der Kondensator 55 ist entladen, solange die Umschalter 58 bis 60 in der Ruhestellung sind. Der Impulszähler 64 kann nun auf Null eingestellt, wonach die eigentliche Auswertung beginnen kann.

Man bringt die Umschalter 58 bis 60 zunächst spielsweise in die Arbeitsstellung L. Dabei wird Elektrodenkörper 45 mittels des Umschalters 59 an den Kondensator 55 angeschlossen und dieser gleichzeitig über den Widerstand 57 mit der Spannungsquelle 56 verbunden, die eine Spannung von z. B. 550 V liefert. Der Kondensator 55 wird jetzt über den Widerstand 57 aufgeladen, wobei in gleicher Weise wie am Kondensator 55 auch die Potentialdifferenz zwischen der Elektrodenfläche 45 und der Gegenelektrodenpartie der Metallschicht 43 ansteigt. Da die elektrische Durchschlagsfestigkeit des Kunststoff-Folienstückes 20 erheblich grösser ist als diejenige von Luft bei gleichem Abstand einander gegenüberliegenden Elektrodenflächen, kommt beim Erreichen der erforderlichen Durchschlagsspannung ein Funkenüberschlag durch einen der herausgeätzten Kanäle im dem Folienstück 20 auf, was eine mindestens teilweise Entladung des Kondensators 55 zur Folge hat. Dabei wird mittels der Schaltanordnung 61, 62, 63 ein elektrischer Impuls hervorgerufen und an den Impulszähler 64 übertragen. Ferner bewirkt die Funkenentladung, dass an der betreffenden Stelle die dünne Met-

schicht 43 örtlich verdampft, wodurch eine zweite Funkenentladung durch den gleichen Kanal im Folienstück 20 verhütet wird. Anschliessend lädt sich der Kondensator 55 wieder soweit auf, bis ein Funkenüberschlag durch einen andern der herausgeätzten Kanäle im Folienstück 20 erfolgt, wobei wieder ein Impuls dem Impulszähler 64 zugeführt wird. Die beschriebenen Vorgänge wiederholen sich in rascher Folge mit Intervallen von beispielsweise 0,05 bis 0,5 Sekunden. Nach weniger als einer Minute hören die Funkenentladungen auf, wonach man am Impulszähler 64 die Anzahl der insgesamt aufgetretenen Funkenentladungen ablesen kann. Diese Anzahl steht in einem eindeutigen Zusammenhang mit der Spurendichte, welche durch die Spaltprodukte der einen Spaltmetallscheibe 17 oder 19 im Dosimeter 10 bei der Neutronenbestrahlung hervorgerufen wurde.

Nachher bringt man die Umschalter 58 bis 60 wieder in ihre mittlere Ruhestellung und den Impulszähler 64 auf Null. Hierauf stellt man die Umschalter in die Arbeitsstellung R, wodurch der Elektrodenkörper 46 an den Kondensator 55 angeschlossen und dieser mit der Spannungsquelle 56 verbunden wird. Es treten wieder die gleichen Vorgänge, wie vorstehend beschrieben, auf, wobei der Impulszähler 64 die Anzahl der Funkenentladungen zählt. Das Ergebnis steht wieder in einem eindeutigen Zusammenhang mit der Spurendichte, welche durch die Spaltprodukte der andern Spaltmetallscheibe im Dosimeter 10 bei der Neutronenbestrahlung hervorgerufen wurde.

Man erhält also auf diese Weise nacheinander zwei Zählergebnisse, welche auf die Dosis der schnellen und der thermischen Neutronen schliessen lassen. Hierfür kann man mit Vorteil ein Diagramm benutzen, wie es in Fig. 4 beispielsweise gezeigt ist. In einem rechtwinkligen Koordinatensystem ist eine Eichkurve eingezeichnet. Auf der Ordinatenachse ist eine Skala B für die Anzahl der elektronisch gezählten Funkenentladungen und auf der Abszissenachse eine Skala C für die entsprechende Spurendichte, die vergleichsweise in den Kunststoff-Scheiben 16 und 18 am Mikroskop gezählt wurde, aufgetragen. Parallel zur Abszissenachse verläuft unten eine Skala D für die Dosis der schnellen Neutronen und oben eine weitere Skala E für die Dosis der thermischen Neutronen. Dem Fachmann ist ohne weiteres klar, wie er jeweils von der Skala B ausgehend auf die Neutronendosis in der Skala D oder E schliessen kann. Das in Fig. 4 wiedergegebene Diagramm bezieht sich auf das mit Bezug auf Fig. 1 beschriebene Neutronendosimeter, bei welchem das Folienstück 20 aus dem Material «Makrofol Typ KG» besteht und eine Dicke von 0,01 mm hat. Die Materialien der Spaltmetallscheiben 17 und 19 wurden bei der Erläuterung von Fig. 1 bereits angegeben. Die quantitative Zusammensetzung der Aluminium-Uran-Legierung für die eine Spaltmetallscheibe 19 ist von erheblicher Bedeutung, da sie für die Empfindlichkeit des Detektors für die thermischen Neutronen massgebend ist. Mit nur 0,1 Gew.-% Uran in der Spaltmetallscheibe 19 gegenüber 100 % Thorium in der andern Spaltmetallscheibe 17 erzielt man eine ausgewogene Empfindlichkeit hinsichtlich der Anzahl Spuren. Weitere Bedingungen, die dem Diagramm von Fig. 4 zu Grunde liegen, sind: Die Ätzdauer des Folienstückes 20 soll 30 Minuten betragen bei Verwendung einer 28%igen KOH-Ätzlösung bei einer Temperatur von 60° C; die Elektrodenflächen 48 und 49 im Gerät 30 mes-

sen je 2,5 cm², während die wirksamen Flächen der Spaltmetallscheiben 17 und 19 im Dosimeter 10 etwas grösser sind; die für die elektronische Auswertung mittels Funkenentladung benutzte Spannung der Spannungsquelle 56 soll 550 V betragen.

Um Verwechslungen der beiden Zählergebnisse bei den Arbeitsstellungen L und R der Umschalter 58 bis 60 zu verhüten, kann das Folienstück 20 bereits vor dem Einlegen in das Neutronendosimeter 10 oder spätestens beim Herausnehmen nach der Neutronenbestrahlung an einer Randpartie markiert werden, z. B. mit den Buchstaben «L» und «R» entsprechend den Arbeitsstellungen der Umschalter oder mit einer Ordnungsnummer, welche das Erkennen der richtigen Lage des Folienstückes 20 ermöglicht und zudem eine Identifizierung desselben erlaubt. Zweckmässig wird das Gehäuse 11, 12 des Dosimeters 10 mit der gleichen Ordnungsnummer versehen.

Die in Fig. 3 gezeigte Ausbildung der Auswertepara-apparat hat noch den erwähnenswerten Vorteil, dass durch die in der Ruhestellung der Umschalter 58 bis 60 bewirkten Masseverbindungen verhütet ist, dass Störimpulse infolge des Einschaltens mitgezählt werden und dass man sich bei der Handhabung elektrisiert. Die Verwendung eines einzigen Kunststoff-Folienstückes 20, das sich über die beiden Spaltmetallscheiben 17 und 19 im Dosimeter 10 und auch über die beiden Elektrodenflächen 48 und 49 im pressenartigen Gerät 30 der Auswertepara-apparat erstreckt, bringt den Vorteil einer leichteren Handhabung, weil es sonst erheblich Mühe machen würde, einzelne Folienscheiben mit nur etwa 2,5 cm² Flächeninhalt und 0,01 mm Dicke zu handhaben. Derart dünne Folien haben nämlich eine starke Tendenz, unter dem Einfluss einseitiger Wärme- oder Feuchtebeeinflussung, verursacht durch die Bedienungsperson, sich zu rollen. Ausserdem schwimmen sie in der Ätzlösung, wenn sie nicht beschwert oder mittels eines Halters in der Ätzlösung eingetaucht festgehalten werden. Ein solcher Halter lässt sich für die grösseren Folienstücke 20 zweckmässiger ausbilden. Der Halter kann z. B. für die Aufnahme von sechs Folienstücken 20 eingerichtet sein und Klammern aufweisen, mit denen die Folienstücke je an zwei einander diagonal gegenüberliegenden Ecken in Eingriff bringbar sind. Mit einem solchen Halter können mehrere Folienstücke 20 gleichzeitig geätzt werden.

PATENTANSPRUCH

Einrichtung zur Neutronendosimetrie, bestehend aus mindestens einem tragbaren Neutronendosimeter mit zwei nebeneinander angeordneten Neutronendetektoren, die Spaltmetallplatten unterschiedlicher Zusammensetzung und an diesen anliegende, auswechselbare Kunststoff-Folien aufweisen, sowie aus einer Auswertepara-apparat zum automatischen Zählen der von Spaltprodukten verursachten Spuren in der Kunststoff-Folie mittels elektrischer Funkenentladungen, welche Auswertepara-apparat Elektroden zum Dazwischenlegen der Kunststoff-Folie, einen an die Elektroden angeschlossenen Kondensator, Mittel zum Aufladen des Kondensators und einen an den Kondensator angeschlossenen Impulszähler, aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektoren des Neutronendosimeters auf beiden Seiten der Spaltmetallplatten (17; 19) je eine Kunststoff-Folie (16; 20 bzw. 18; 20) aufweisen, von denen die eine (20) dünn genug ist, um von den Spaltprodukten der Spaltmetallplatte vollständig durchbohrt zu werden, wo-

gegen die andere Kunststoff-Folie (16; 18) mehrfach dicker ist, dass die dünneren Folien der beiden Detektoren durch ein gemeinsames Folienstück (20) gebildet sind, welches sich über die Spaltmetallplatten (17; 19) beider Detektoren hinaus erstreckt, dass die Auswertapparatur zwei voneinander elektrisch getrennte Elektroden (45; 46) mit in einer gemeinsamen Ebene nebeneinander liegenden Elektrodenflächen (48; 49) aufweist, denen je eine von zwei ebenfalls in einer gemeinsamen Ebene liegenden Flächen von Gegenelektroden (43) gegenübersteht, dass die Elektrodenflächen (48; 49) in bezug aufeinander die gleiche geometrische Anordnung wie die Spaltmetallplatten haben, dass das gemeinsame Folienstück (20) des Neutronendosimeters (10) zwischen die Elektrodenflächen (48; 49) einerseits und die Gegenelektrodenflächen (43) andererseits einlegbar ist, und dass elektrische Schalter (59; 60) vorhanden sind, die erlauben, jede der Elektroden (45; 46) einzeln an den Kondensator (55) anzuschliessen, um getrennte Auswertungen der beiden Detektoren des Neutronendosimeters (10) zu ermöglichen.

UNTERANSPRÜCHE

1. Einrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Schalter (59; 60) in der Auswertapparatur Umschalter sind, von denen jeder, je nach seiner Schaltstellung, die zugeordnete Elektrode (45; 46) entweder mit dem Kondensator (55) oder mit der zugeordneten Gegenelektrode (43) verbindet.

2. Einrichtung nach Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschalter (59; 60) miteinander mechanisch derart gekoppelt sind, dass jeweils nur eine der Elektroden (45; 46) an den Kondensator (55) anschliessbar ist, während die andere Elektrode mit der zugeordneten Gegenelektrode (43) in Verbindung bleibt.

3. Einrichtung nach Unteranspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Aufladen des Kondensators (55) einen zusätzlichen elektrischen Umschalter (58) aufweisen, der, je nach seiner Schaltstellung, einen Anschluss des Kondensators (55) entweder mit einer elektrischen Spannungsquelle (56) oder mit dem anderen Anschluss des Kondensators (55) verbindet.

4. Einrichtung nach den Unteransprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zusätzliche Umschalter (58) mit den andern Umschaltern (59; 60) mechanisch derart gekoppelt ist, dass die elektrische Span-

nungsquelle (56) jeweils zusammen mit der einen andern der Elektroden (45; 46) an den Kondensator anschliessbar ist.

5. Einrichtung nach Patentanspruch oder einer Unteransprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Gegenelektroden in der Auswertapparatur eine zusammenhängende Metallschicht (43) auf Isolierstoff-Folie (42) gebildet sind, dass die Flächenmessungen der Metallschicht (43) grösser als diejenige der Kunststoff-Folie (20) aus dem Neutronendosimeter (10) sind, und dass mindestens eine sich über die Kunststoff-Folie (20) hinaus erstreckende Partie der Metallschicht (43) mit einem Anschlusskontaktkörper (44) in leitendem Kontakt steht.

6. Einrichtung nach Unteranspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertapparatur ein portables Gerät (30) mit einem feststehenden Unterteil und einem dazu bewegbaren Oberteil (32) aufweist, dass der Unterteil (31) zum Auflegen der mit der Metallschicht (43) versehenen Isolierstoff-Folie (42) der Kunststoff-Folie (20) aus dem Neutronendosimeter (10) eingerichtet ist, während der Oberteil (32) in elektrisch isolierter Anordnung zwei Metallkörper (45; 46) mit den Elektrodenflächen (48; 49) und mindestens einen Anschlusskontaktkörper (44) zur Kontaktaufnahme mit der Metallschicht (43) der Isolierstoff-Folie (42) aufweist, und dass isolierte elektrische Anschlussleiter (51) mit den Metallkörpern (45; 46) und den Anschlusskontaktkörper (44) des Oberteiles (32) in Verbindung stehen, um diese Körper mit den übrigen elektrischen Bestandteilen der Auswertapparatur zu verbinden.

7. Einrichtung nach Patentanspruch, dadurch gekennzeichnet, dass das Neutronendosimeter (10) ein zusätzliches Kunststoff-Folienstück (21) enthält, das die von den Spaltmetallplatten (17; 19) abgekehrte Seite der dünneren Folien (20) der Detektoren anliegt und mehrfach dicker ist als die letztgenannten Folien.

8. Einrichtung nach Patentanspruch oder Unteranspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Spaltmetallplatte (19) des einen Detektors im Neutronendosimeter (10) aus einer Legierung von annähernd 99,9 Gew.-% Aluminium und 0,1 Gew.-% Uran besteht, das zu 90 % mit U 235 angereichert ist, wogegen die Spaltmetallplatte (17) des andern Detektors im Neutronendosimeter (10) aus Thorium natürlicher Isotopenzusammensetzung besteht.

Gesellschaft zur Förderung der Forschung an der Eidgenössischen Technischen Hochschule
Vertreter: Scheidegger, Zwicky & Co., Zürich

Fig. 1

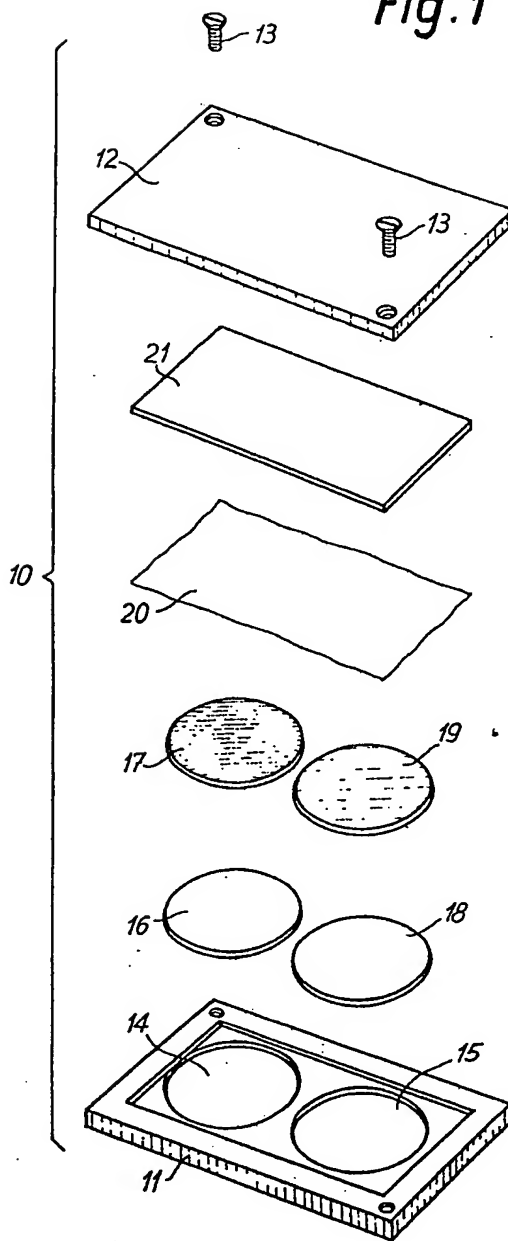


Fig. 3

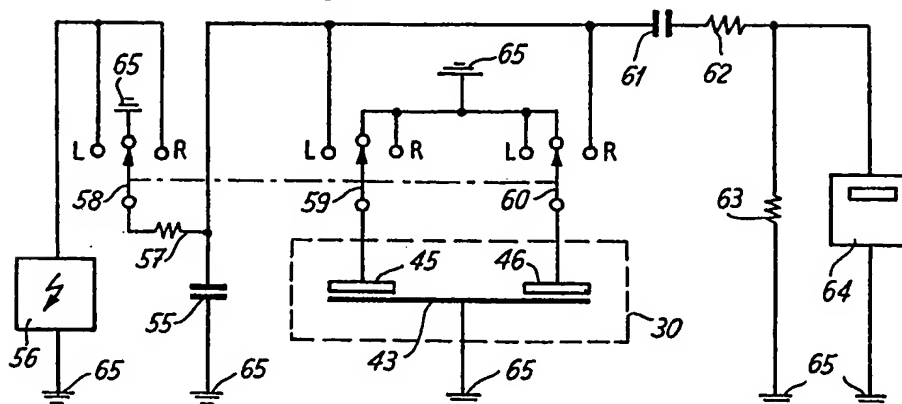


Fig. 2

